紫胶林-农田复合生态系统地表甲虫多样性——以云南绿春为例

陈又清[1], 李　巧[2], 王思铭[1]

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 昆明 650224; 2. 西南林学院保护生物学学院, 昆明 650224)

摘要: 为揭示紫胶林-农田复合生态系统地表甲虫多样性, 于 2006 - 2007 年在云南省绿春县牛孔乡采用陷阱法调查了天然紫胶林、人工紫胶林和旱地的地表甲虫群落。共采集标本 1 678 头, 分别隶属于 24 科 120 种, 其中步甲科(Carabidae)和金龟科(Scarabaeidae)种类最丰富, 均占全部种类的 12.50%。拟步甲科(Tenebrionidae)个体数量最丰富, 占个体总数的 64.48%; 金龟科次之, 占个体总数的 17.58%。大多数科的物种数和个体数在不同土地利用生境中的分布没有显著差异, 而步甲科、隐翅甲科(Staphylinidae)、叩甲科(Elateridae)、拟步甲科、瓢虫科(Coccinellidae)和小蠹科(Scolytidae)在不同土地利用生境中的分布有显著差异。天然紫胶林地表甲虫个体数量最少, 物种较丰富, 优势度最低, 多样性最高; 人工紫胶林个体数和物种数均丰富, 优势度和多样性居中; 旱地个体数量最多, 物种最贫乏, 优势度最高, 多样性最低。种级水平的聚类分析体现出人工紫胶林与旱地之间在种类组成上距离较近; 而科级水平的聚类反映出人工紫胶林和天然紫胶林更接近。结果提示, 紫胶林-农田复合生态系统具有区域内土地利用方式多样化的特点; 天然紫胶林在维持地表甲虫多样性水平上具有重要作用, 而人工紫胶林虽具有积极作用, 但仍需进一步恢复。

关键词: 农林复合生态系统; 紫胶林-农田复合生态系统; 地表甲虫; 物种多样性; 物种丰富度; 物种优势度; 农业土地利用

中图分类号: Q968　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 0454-6296(2009)12-1319-09

Diversity of ground-dwelling beetles in lac-plantation-farmland ecosystem: a case study in Luchun, Yunnan, South-western China

CHEN You-Qing [1], LI Qiao [2], WANG Si-Ming [1] (1. Research Institute of Resource Insects, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, China; 2. Faculty of Conservation Biology, Southwest Forestry College, Kunming 650224, China)

Abstract: In order to get the basic information about ground-dwelling beetle and give some suggestions for the local biodiversity conservation, we investigated the ground-dwelling beetle assemblages by pitfall trapping in natural forest, plantation forest, and dry land in lac-plantation-farmland ecosystem in Luchun County, Yunnan Province, South-western China, during 2006 - 2007. In total, 1 678 specimens were collected, representing 120 species in 24 families of Coleoptera. Among these beetles, Carabidae and Scarabaeidae had the highest species richness, both comprising 12.50% of the total species observed. Tenebrionidae species had the highest abundance, comprising 64.48% of all ground-dwelling beetles; and the Scarabaeidae ranked the second in abundance, comprising 17.58%. Most families did not differ in both abundance and species richness across the three habitats sampled, while Carabidae, Staphylinidae, Elateridae, Tenebrionidae, Coccinellidae and Scolytidae differed in abundance or species richness. Among the plots, natural forest had the lowest abundance and dominance, richer species, and highest diversity; plantation forest had richer species and abundance, and moderate dominance and diversity; while dry land had the highest abundance and dominance, and the lowest species richness and diversity. Hierarchical clustering of ground-dwelling beetle assemblages at the species level showed that plantation forest was nearly to dry land in species composition. While at the family level, plantation forest was close to natural forest. These results suggest that the land-use in lac-plantation-farmland ecosystem is different and diverse; the

---

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金重点项目(riricaf200801z)

作者简介: 陈又清, 男, 1969 年生, 湖北黄冈人, 博士, 副研究员, 主要从事昆虫生态学研究, E-mail: cyqcaf@yahoo.com.cn; 执笔人: 李巧, 女, 1970 年生, 湖北宜昌人, 博士, 副教授, 主要从事森林昆虫学和昆虫多样性研究, E-mail: lqfcb@126.com

收稿日期 Received: 2009-05-03; 接受日期 Accepted: 2009-10-27

natural forest plays the most important role in maintaining the beetle diversity, while the plantation forest plays the second important role, which needs further restoration.

Key words: Agroforestry ecosystem; lac-plantation-farmland ecosystem; ground-dwelling beetles; species diversity; species richness; species dominance; agricultural land uses

地球上的生物多样性正在急剧下降，现有保护策略无法满足多样性保护需求，越来越多的普通物种不断走向濒危(肖海燕等，2006)。在关注多样性保护时，更多的学者将眼光投向了热点地区(栾晓峰等，2009)、自然保护区(徐卫华等，2006)，或是重要物种上(陆慧萍等，2004)。对与人类生产活动关系密切的农林复合生态系统则鲜有顾及。所幸的是，人们在多样性保护实践中已经认识到普通物种在多样性保护中的地位，大量存在的普通物种与珍稀濒危物种一样具有保护价值。因为如果等到普通物种转化为濒危物种时才采取保护措施，那么或者需要更高额的保护成本，或者付出物种绝灭的代价(Scott *et al*., 1993; Tear *et al*., 1993; Dobson *et al*., 1997)。

农林复合生态系统作为一种多物种、多层次、多时序和多产业的人工复合经营系统，在解决农林争地矛盾、改善生态环境、提高自然资源利用效率、促进生态与经济持续协调发展等方面具有强大的生命力(孟平等，2003)。和自然保护区相比，农林复合生态系统容纳稀有种的能力较低，但其对于普通物种则具有较强的保护能力；如果这些系统没有得到应有的保护，其生物多样性将下降，一些物种将面临消失的危险。例如，对云南省西双版纳地区休耕农林复合系统的研究发现，在达卡村和巴卡村，休耕地的面积分别以人均每年 0.008 ha 和 0.001 ha 的速率下降，休耕时间也在减少，这已直接导致了该系统生物多样性的损失(Fu *et al*., 2005)。

紫胶林-农田复合生态系统是由零星及连片的紫胶虫寄主树和周围的农田(稻田和旱地)构成的广泛分布于西南山区的农林复合种植模式。云南省适宜面积超过 3.78×10^6 ha，实际利用面积超过 6.0×10^5 ha (陈晓鸣等，2008；李巧等，2009a)。随着近年来紫胶产业的发展，针对该系统的生态学研究已从紫胶虫生物多样性(陈晓鸣，2005)、种群生态(陈又清和王绍云，2006；2007)向群落水平发展(陈彦林等，2008；李巧等 2009a，2009b，2009c)。尽管缺乏直接的证据，仍有研究认为该系统内紫胶虫的培育对于农业生态系统安全和生物多样性保护可能具有积极作用(Saint-Pierre and Ou, 1994; Sharma *et al*., 2006)。然而，由于粮食生产的重要性以及紫胶价值的提升，以紫胶虫寄主植物为主要树种的天然次生林的面积日益缩小，取而代之的是旱地、稻田以及树种单一、造林密度高的人工紫胶林。土地利用的变化势必影响系统内的生物多样性。我们试图通过对生境变化敏感的昆虫类群进行跟踪调查，来监测该系统内多样性的变化，评价这种土地利用变化对当地生物多样性的影响，为该系统的持续健康发展，以及解决保护与利用矛盾提供参考。

地表甲虫隶属于昆虫纲(Insecta)鞘翅目(Coleoptera)，是栖息于地表最庞大、最多样的昆虫类群之一，是生物多样性的重要组分。一些地表甲虫由于对生境变化高度敏感，已经成功地用于监测生境和生物多样性的变化(于晓东等，2006b；李巧等，2006)。国内的研究多集中在对自然保护区地表甲虫多样性的研究(于晓东等，2003，2004，2006a，2006c；杨丽红和郑发科，2007；张倩等，2008)，以及对农业生境中地表甲虫的研究(刘云慧等，2002；谷卫斌等，2004)，这些研究显示出地表甲虫多样性受到生境类型、农林业活动等人为干扰的强烈影响。国外地表甲虫群落的研究已从单纯的群落水平甲虫多样性分析(Brose, 2003; Hoffman and Wiens, 2004; Radtke *et al*., 2008; Matyukhin and Gongalskii, 2008)拓展到从景观尺度考察甲虫多样性的变化(Ewers and Didham, 2008)。国内外对农林复合生态系统昆虫群落的调查研究并不多见，更多是对农业生态系统害虫种群(Storer *et al*., 2003; Muturi *et al*., 2006; Dorhout and Rice, 2008)及病虫害控制研究(Yewhalaw *et al*., 2008)，偶有涉及复合系统内昆虫与植物间关系的研究(Livingston *et al*., 2008)；缺乏对复合系统内地表甲虫群落的研究。鉴于此，本研究试图通过对紫胶林-农田复合生态系统地表甲虫多样性的调查，揭示该系统内不同土地利用生境地表甲虫特点，明确天然紫胶林和人工紫胶林在区域多样性保护中的不同作用，为实现当地生物多样性的长期监测提供基础信息。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

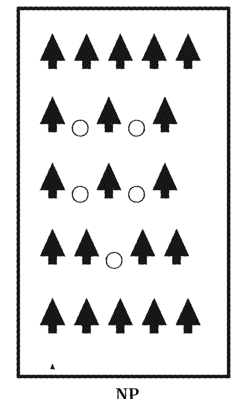
调查样地位于云南省绿春县牛孔乡(22°53′N,

101°56′E)海拔 1 000 ~1 300 m 地段。该地年平均温度不低于 18°C，年降雨量在 1 500 mm 左右，相对湿度 50% ~80%，土壤多为红色粘土，酸碱度 pH 5.5 ~6.5(陈又清和王绍云，2007)。在紫胶林-农田复合生态系统中，根据不同土地利用类型，在复合系统北部和南部 2 个调查区域(NP 和 SP)内设置 3 个类型样地(Ⅰ ~Ⅲ)，每类型样地设 3 ~5 个重复，以样带为重复，相邻样带之间距离不少于 300 m (Ⅰa ~e，Ⅱa ~c，Ⅲa ~d)。各类型样地大小均约 1 ha，Ⅰ与Ⅱ和Ⅲ之间相距约 5 km，Ⅱ和Ⅲ毗邻(图 1)。Ⅰ为天然紫胶林，以思茅黄檀 *Dalbergia szemaoensis* 为主要树种，树龄大于 10 年，平均树高 9 m，平均胸径 19 cm，郁闭度 0.6，草本以紫茎泽兰 *Eupatorium adenophorum* 占优势，枯落物厚度小于 1 cm，坡度小于 15°，坡向为西南向，于 2002 年开始人工放养云南紫胶虫 *Kerria yunnanensis*。Ⅱ为人工紫胶林，于 2001 –2002 年在退耕地上造林，造林树种为南岭黄檀 *Dalbergia balansae*，平均树高7 m，平均胸径 11 cm，郁闭度 0.7，草本以飞机草 *Chromolaena odorata* 占优势，地表基本无腐殖质，坡度小于15°，坡向为西南向，于 2005 年开始人工放养云南紫胶虫。Ⅲ为旱地，以种植玉米为主，3 月下旬至 8 月中旬为种植季节，于 5 月下旬进行中耕除草，其余时间为闲置地，在种植前半月左右将秸秆和杂草等进行焚烧，并进行翻地以待耕作；地表基本无腐殖质，坡度小于 10°，坡向为西向。

1.2　调查及分析方法

于 2006 –2007 年利用陷阱法在各样地内进行地表甲虫群落调查，在每个样地内设置口径 80 mm、高 150 mm 的诱杯 10 个，分为 2 组：分别以乙二醇和糖醋液作为诱剂，糖醋液为白糖、食醋、酒精及水的混合液，其重量比例约为 1:2:2:20；同组诱杯间距 10 m，2 组间相距 20 m；每个诱杯上方放置防雨的石板，诱集 5 d。每隔半月调查 1 次，共 24 次。将采集到的所有地表甲虫标本用 75% 酒精保存，根据相关资料(布鲁斯等，1959；蔡邦华，1973；黄复生，1987)进行分科鉴定及优势种鉴定；利用可识别的分类单元(recognizable taxonomic unit，RTU)(Oliver and Beattie，1993)进行种类估计，在形态种(morphospecies)(Burger *et al.*，2003；李巧，2006)基础上进行数量统计。

以每 10 个陷阱诱到的地表甲虫进行数据分析



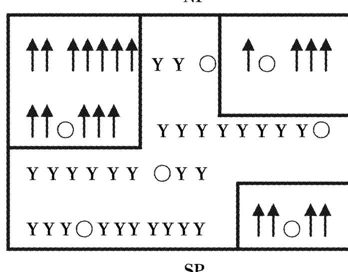


图 1　研究样地示意图

Fig. 1 A sketch map of the areas where the study was conducted

○表示样地；复合系统北部调查区域(NP)与复合系统南部调查区域(SP)相距 5 km。○ means a sample plot. The distance of two investigated palces NP and SP within the agroecosystem is about 5 km away.

(乙二醇和糖醋液作为不同陷阱溶液在不同样地中诱集到的甲虫种类和个体在 $P < 0.05$ 水平上无显著差异)，24 次数据合并处理。群落多样性测度采用物种丰富度 S、Fisher α 指数、Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 优势度指数(马克平和刘玉明，1994)等分析，利用 EstimateS(Version7.5.0)软件完成各项指数的计算(Colwell，2005)。对数据进行标准化处理后进行方差分析，个体数量进行平方根转换，物种数进行对数转换(于晓东等，2003)。利用 SPSS13.0 软件进行方差分析和聚类分析，前者包括 One-way ANOVA 分析和 LSD 多重比较；后者是根据物种的有无建立矩阵，选择欧氏平方距离和远邻法进行聚类。

2　结果与分析

2.1　地表甲虫群落分析

经过 1 年的调查，在紫胶林-农田复合生态系统共采集地表甲虫 24 科 120 种(表 1)。其中步甲

科和金龟科种类最丰富，均占全部种类的12.50%；隐翅甲科和瓢虫科次之，均占9.17%；叩甲科、拟步甲科、叶甲科和象甲科的种类在5% ~10%之间，其余科均低于5%。拟步甲科个体数量最丰富，占个体总数的64.48%；金龟科次之，占17.58%；其余科均不足5%。

表1 紫胶林-农田复合生态系统地表甲虫各科个体数和物种数(云南绿春，2006 – 2007)

Table 1 Number of individuals and species of different beetle families in the lac-plantation-farmland ecosystem (Luchun, Yunnan, 2006 – 2007)

科名 Families	个体数(占总数的百分比) Number of individuals (%Total)	物种数(占总数的百分比) Species number (%Total)
步甲科 Carabidae	73 (4.35)	15 (12.50)
虎甲科 Cicindelidae	1 (0.06)	1 (0.83)
芫菁科 Meloidae	1 (0.06)	1 (0.83)
隐翅甲科 Staphylinidae	29 (1.73)	11 (9.17)
蚁甲科 Pselaphidae	2 (0.12)	2 (1.67)
叩甲科 Elateridae	29 (1.73)	9 (7.50)
粗角叩甲科 Trixagidae	1 (0.06)	1 (0.83)
朽木甲科 Alleculidae	5 (0.30)	4 (3.33)
吸木虫科 Cryptophagidae	1 (0.06)	1 (0.83)
薪甲科 Lathridiidae	2 (0.12)	1 (0.83)
丸甲科 Byrrhidae	1 (0.06)	1 (0.83)
叶甲科 Lagriidae	13 (0.77)	5 (4.17)
拟步甲科 Tenebrionidae	1 082 (64.48)	9 (7.50)
瓢虫科 Coccinellidae	24 (1.43)	11 (9.17)
花萤科 Cantharidae	6 (0.36)	2 (1.67)
金龟科 Scarabaeidae	295 (17.58)	15 (12.50)
天牛科 Cerambycidae	5 (0.30)	5 (4.17)
负泥虫科 Crioceridae	10 (0.60)	3 (2.50)
叶甲科 Chrysomelidae	35 (2.09)	9 (7.50)
龟甲科 Cassididae	2 (0.12)	1 (0.83)
肖叶甲科 Eumolpidae	4 (0.24)	4 (3.33)
象甲科 Curculionidae	7 (0.42)	7 (5.83)
小蠹科 Scolytidae	49 (2.92)	1 (0.83)
未知科 Unknown	1 (0.06)	1 (0.83)

对不同科在各样地中的物种数进行方差分析，旱地的叩甲科物种显著多于天然紫胶林和人工紫胶林($df=2$，$F=62.25$，$P<0.001$)；隐翅甲科只分布于林地，天然紫胶林的隐翅甲种类显著多于人工紫胶林($df=1$，$F=25.74$，$P=0.002$)。对不同科在各样地中的个体数量进行方差分析和多重比较，除步甲科等5个科外，多数科在各样地中的个体数量分布没有明显差异(表2)。旱地的步甲数量显著多于天然紫胶林($df=2$，$F=6.31$，$P<0.02$)；天然紫胶林的隐翅甲数量显著多于人工紫胶林，而人工紫胶林的数量显著多于旱地($df=2$，$F=18.93$，$P<0.001$)；天然紫胶林的拟步甲数量显著少于人工紫胶林和旱地($df=2$，$F=8.14$，$P<0.01$)；人工紫胶林的瓢虫数量显著多于天然紫胶林和旱地($df=2$，$F=6.30$，$P<0.02$)；天然紫胶林和人工紫胶林的小蠹数量显著多于旱地($df=2$，$F=10.67$，$P<0.005$)。显示出隐翅甲偏爱天然林生境；瓢虫多在植物上栖息，偶尔到对面活动时，更喜欢人工林地表生境；而以木本植物为食的小蠹则栖于林地生境。

表 2　紫胶林-农田复合生态系统中个体数分布有差异的地表甲虫类群(云南绿春, 2006–2007)

Table 2 Ground-dwelling beetles differing in abundance across three habitats in lac-plantation-farmland ecosystem (Luchun, Yunnan, 2006–2007)

科名 Families	地表甲虫群落 Ground-dwelling beetle assemblages		
	天然紫胶林 Natural forest	人工紫胶林 Plantation forest	旱地 Dry land
步甲科 Carabidae	1.29 ±0.81 b	2.60 ±1.16 ab	3.34 ±0.71 a
隐翅甲科 Staphylinidae	2.13 ±0.76 a	1.14 ±0.24 b	0.00 ±0.00 c
拟步甲科 Tenebrionidae	4.83 ±0.63 b	10.34 ±2.49 a	12.04 ±4.34 a
瓢虫科 Coccinellidae	0.28 ±0.63 b	1.96 ±0.86 a	0.75 ±0.50 b
小蠹科 Scolytidae	2.95 ±1.05 a	2.02 ±0.93 a	0.25 ±0.50 b

表中数值为个体数平方根转换后的值；同行数据(平均值 ± *SD*)中标有不同字母表示在 $P<0.05$ 水平上差异显著。Data of the number of individuals after square root transformation are presented. Data (mean ± *SD*) with different letters within a row indicate significant difference at the 0.05 level.

2.2　物种多样性分析

分别在种级和科级水平对各样地地表甲虫群落的多样性指标进行统计分析，结果见表 3。

表 3　紫胶林-农田复合生态系统地表甲虫群落多样性指数(云南绿春, 2006–2007)

Table 3 The diversity indices of ground-dwelling beetle assemblages in lac-plantation-farmland ecosystem (Luchun, Yunnan, 2006–2007)

	样地类型 Plot type	个体数 Number of individuals	丰富度(*S*) Richness	Fisher α 指数 Fisher α index	Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index	Simpson 指数 Simpson index
种级水平 Species level	Ⅰ	7.80 ±0.47 b	1.33 ±0.06 a	12.17 ±2.08 a	2.47 ±0.19 a	8.65 ±2.83 a
	Ⅱ	11.96 ±2.42 ab	1.34 ±0.07 a	7.30 ±0.36 b	1.72 ±0.24 b	2.92 ±0.59 b
	Ⅲ	14.63 ±5.02 a	1.22 ±0.05 b	4.70 ±1.42 b	1.24 ±0.45 b	2.31 ±1.02 b
科级水平 Family level	Ⅰ	7.80 ±0.47 b	1.05 ±0.04 a	4.05 ±0.52 a	1.78 ±0.19 a	4.71 ±1.35 a
	Ⅱ	11.96 ±2.42 ab	1.08 ±0.04 a	3.16 ±0.15 b	1.04 ±0.28 b	1.82 ±0.48 b
	Ⅲ	14.63 ±5.02 a	0.84 ±0.05 b	1.50 ±0.43 c	0.78 ±0.28 b	1.73 ±0.46 b

Ⅰ：天然紫胶林 Natural forest；Ⅱ：人工紫胶林 Plantation forest；Ⅲ：旱地 Dry land. 表中个体数为平方根转换后的值，丰富度为对数转换后的值；种级水平或科级水平同一列内不同字母表示在 $P<0.05$ 水平上显著。Data of the number of individuals after square root transformation and data of the richness after logarithm transformation are presented. Data with different letters within a column of species level or family level indicate signficant difference the 0.05 level.

在种级水平上，样地Ⅰ的地表甲虫个体少，种类丰富，物种分布均匀，优势度低，多样性最高；样地Ⅱ的个体较多，种类丰富，物种分布不均匀，优势度较高，多样性较低；样地Ⅲ的个体数最多，种类最贫乏，物种分布极不均匀，优势度最高，多样性最低。方差分析及多重比较显示：旱地地表甲虫个体显著多于天然紫胶林($df=2$, $F=5.43$, $P=0.028$)；天然紫胶林和人工紫胶林地表甲虫丰富度显著大于旱地，但天然紫胶林和人工紫胶林之间无显著差异($df=2$, $F=4.37$, $P=0.047$)；天然紫胶林地表甲虫多样性显著高于人工紫胶林和旱地，但人工紫胶林和旱地地表甲虫多样性无统计学差异[Fisher α 指数($df=2$, $F=24.62$, $P<0.001$), Shannon-Wiener 指数($df=2$, $F=18.08$, $P<0.001$), Simpson 指数($df=2$, $F=13.56$, $P=0.002$)]。在科级水平上，各样地地表甲虫群落各项指标的大小变化和种级水平一致，唯一不同的是 Fisher α 指数显示出人工紫胶林地表甲虫多样性显著高于旱地[物种丰富度($df=2$, $F=33.00$, $P<0.001$), Fisher α 指数($df=2$, $F=39.41$, $P<0.001$), Shannon-Wiener 指数($df=2$, $F=20.31$, $P<0.001$), Simpson 指数($df=2$, $F=13.61$, $P=0.002$)]，因此调查样地地表甲虫群落在科级水平上的多样性排序表现为：Ⅰ>Ⅱ>Ⅲ。

2.3　群落聚类分析

根据各样地地表甲虫种类的有无，分别在种级水平和科级水平上进行聚类，结果见图 2。

地表甲虫群落在种级水平上聚为 2 大类：(1)自然植被孕育的群落(样地Ⅰa~e)，物种组成较丰

富，分布均匀，稳定性较强；(2)人工植被孕育的群落(样地Ⅱa~c和Ⅲa~d)，群落物种组成通常以喜干燥的二纹土甲 *Gonocephalum bilineatum* (Walker)为优势种，优势度高，稳定性低。该结果反映出人为干扰对地表甲虫群落组成的影响。科级水平的聚类结果与种级水平不一致，表现为旱地的地表甲虫群落聚为一类，该类地表甲虫群落科级丰富度低；而林地(天然紫胶林和人工紫胶林)的地表甲虫群落聚为一类，该类地表甲虫群落具有较高的科级丰富度。该结果反映出科级分类单元较种级分类单元能更好地指示生境的变动。

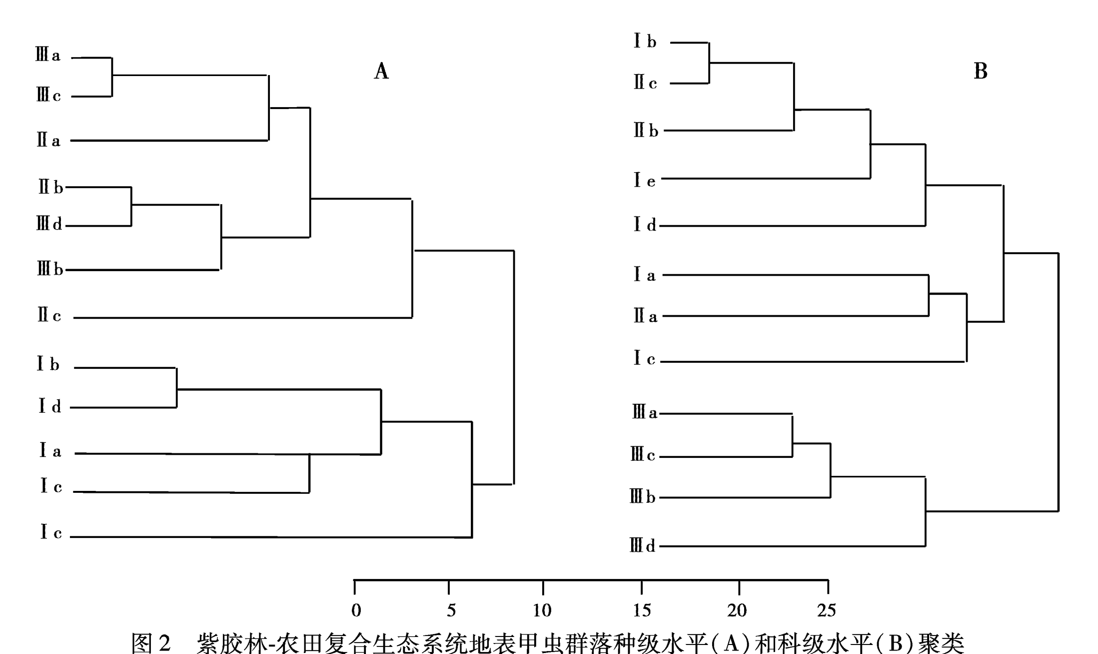


图2 紫胶林-农田复合生态系统地表甲虫群落种级水平(A)和科级水平(B)聚类

Fig. 2 Hierarchical clustering for ground-dwelling beetles at the species level (A) and the family level (B) in lac-plantation-farmland ecosystem

Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ分别表示天然紫胶林、人工紫胶林、旱地的地表甲虫群落；a，b，c，d，e 分别代表不同样带。Ⅰ，Ⅱ and Ⅲ represent the ground-dwelling beetle assemblages of natural forest, plantation forest and dry land, respectively; a, b, c, d, and e represent different transects, respectively.

3 讨论

对紫胶林-农田复合生态系统中不同昆虫类群的调查显示：直翅目蝗虫和半翅目蝽类的个体数量和物种丰富度等在不同土地利用生境中均没有显著差异(李巧等，2009a，2009b)，而不同土地利用生境的甲虫群落[包括在植物上生活的甲虫(李巧等，2009c)和栖息于地表的甲虫]在多个多样性指标上均存在显著差异，显示出甲虫群落对于不同土地利用生境的敏感性。和栖息于植物上的甲虫相比，地表甲虫的研究具有抽样系统误差小、分类鉴定工作量较小的优点；因此，以地表甲虫作为指示生物来监测该系统内多样性的变化或许可行。

本文从科级水平和种级水平对紫胶林-农田复合生态系统地表甲虫群落进行了分析，种级水平提供了不同种的信息因而在多样性上表现差异的能力更强，但存在因形态种鉴定失误而出现偏差等问题；而科级水平虽不会出现该问题，但由于忽略了种的存在，因而会无视单个种(singleton，只有 1 个个体的物种)在多样性上的贡献，而这些狭适种往往能提供重要的信息。因此，在研究地表甲虫群落多样性时，建议同时在种级水平和科级水平上进行考察，以提供更丰富的信息。

紫胶林-农田复合生态系统地表甲虫群落中步甲科和金龟科种类最丰富；拟步甲科个体数量最丰富，有别于以步甲和隐翅甲个体数量众多为特征的森林生态系统(于晓东等，2006b)。该系统内不同土地利用生境的地表甲虫群落在物种组成和多样性上受到了土地利用方式和强度的影响：天然紫胶林未受到过多的人为干扰，只是在生产紫胶过程中对寄主植物修枝整形，铲除寄主植物周边杂草、藤本植物，挂放紫胶虫种胶，收获紫胶等；植物群落组成稳定，地表甲虫群落物种丰富，多样性高。人工紫胶林是在退耕地上造林，寄主植物单一，且密度是天然紫胶林寄主植物密度的 4~5 倍，林下抚育

强度大，基本无灌木杂草；其土地利用方式虽与天然紫胶林相似，但利用强度较大；由于恢复前为水田或旱地等农业用地，在地表甲虫物种组成和优势种上以拟步甲科占优势；然而随着恢复的进行，一些喜栖于林地的物种迁入，因而群落物种较丰富，甚至略高于天然紫胶林，但由于优势度较高，故其多样性仍低于后者。旱地属于农业用地，尽管有轮歇期，但利用强度最大，其地表甲虫群落表现为物种贫乏，多样性低。从人工紫胶林地表甲虫群落来看，无论是物种组成还是多样性，都没有恢复到天然紫胶林水平，因此，无法取代后者在多样性保护中的作用。于晓东等(2006a)在对卧龙自然保护区落叶松林不同恢复阶段地表甲虫的研究中也发现：即便是成熟期的落叶松林，仍未恢复到天然林的群落水平。而聚类分析结果表明，人工紫胶林在恢复过程中，地表甲虫群落组成正在发生改变，其在科级单元组成上已经和天然紫胶林很接近了。

农业生态系统中，农田边界对于生物多样性和害虫天敌的保护作用已经被深刻认识到，非农业栖境的保留对维持系统的稳定和平衡起着重要作用(谷卫斌等，2002；刘云慧等，2002)。在紫胶林-农田复合生态系统中，天然紫胶林和人工紫胶林是农田害虫天敌的避难所：天然紫胶林地表的步甲尽管较少，然而栖息在植物上的步甲无论种类还是个体数量都是最丰富的(李巧等，2009c)；隐翅甲在天然紫胶林中最丰富；瓢虫主要在植物上活动，偶尔到地表活动时，人工紫胶林提供了理想的环境。紫胶林-农田复合生态系统具有区域内土地利用方式多样化的特点，系统内不同土地利用生境对当地生物多样性保护和提高农民经济收入的贡献不同：地表甲虫多样性的研究结果显示出天然紫胶林在多样性保护中贡献最大，人工紫胶林次之，旱地最小；从农民增收角度来说，人工紫胶林和旱地的贡献均大于天然紫胶林。实现该系统的持续健康发展，需要对天然紫胶林进行重点保护，毁林的继续可能导致生物多样性的严重丧失；此外，在利用人工紫胶林的同时需加强对其的保护，包括减少对幼龄树木的利用强度，以免收获紫胶时大量砍伐枝条致使林地裸露；同时加强紫胶林地分片使用，以促进林分的进一步恢复。

致谢　西南林学院硕士研究生陈彦林，本科生严伟伟、周兴银等参加了外业调查及标本整理工作，在此表示感谢!

参 考 文 献 (References)

Brose U, 2003. Island biogeography of temporary wetland carabid beetle communities. *Journal of Biogeography*, 30(6): 879 - 888.

Bruce CT, Melander AL, Carpenter FM (Translated by Xiao CY, Cheng ZH, Shang YZ, Zheng LY), 1959. Classification of Insects. Science Press, Beijing. 529 - 604. [布鲁斯，梅兰德，卡宾特(肖采瑜，程振衡，尚雅珍，郑乐怡译)，1959. 昆虫的分类. 北京：科学出版社. 529 - 604]

Burger JC, Redak RA, Allen EB, Rotenberry JT, Allen MF, 2003. Restoring arthropod communities in coastal sage scrub. *Conservation Biology*, 17(2): 460 - 467.

Chen XM, 2005. Biodiversity of Lac Insects. Yunnan Science and Technology Press, Kunming. [陈晓鸣，2005. 紫胶虫生物多样性研究. 昆明：云南科技出版社]

Chen XM, Chen YQ, Zhang H, Shi L, 2008. Lac Insects Cultivating and Lac Processing. China Forestry Publishing House, Beijing. 5. [陈晓鸣，陈又清，张弘，石雷，2008. 紫胶虫培育与紫胶加工. 北京：中国林业出版社. 5]

Chen YL, Chen YQ, Li Q, Zhang Y, Zhou XY, 2008. Preliminary study on the spider community in *Kerria* spp. ecosystem. *Journal of Fujian College of Forestry*, 28(2): 179 - 183. [陈彦林，陈又清，李巧，章彦，周兴银，2008. 紫胶虫生境蜘蛛群落的初步研究. 福建林学院学报，28(2)：179 - 183]

Chen YQ, Wang SY, 2006. The influence on plants nutrient contents parasitized by *Kerria lacca*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(5): 691 - 695. [陈又清，王绍云，2006. 紫胶蚧寄生对寄主植物营养成分的影响. 昆虫知识，43(5)：691 - 695]

Chen YQ, Wang SY, 2007. Effects of host plants on natural population of *Kerria yunnanensis* (Hemiptera: Kerridae). *Chinese Journal of Applied Ecology*, 18(4): 761 - 765. [陈又清，王绍云，2007. 不同寄主植物对云南紫胶虫自然种群的影响. 应用生态学报，18(4)：761 - 765]

Colwell RK, 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. User's Guide and Application. http://purl.oclc.org/estimates.

Dobson AP, Bradshaw AD, Baker AJM, 1997. Hopes for the future: Restoration ecology and conservation biology. *Science*, 277 (5 325): 515 - 522.

Dorhout DL, Rice ME, 2008. An evaluation of western bean cutworm pheromone trapping techniques (Lepidoptera: Noctuidae) in a corn and soybean agroecosystem. *Journal of Economic Entomology*, 101 (2): 404 - 408.

Ewers RM, Didham RK, 2008. Pervasive impact of large-scale edge effects on a beetle community. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*, 105(14): 5 426 - 5 429.

Fu YN, Guo HJ, Chen AG, Cui JY, 2005. Fallow agroeosystem dynamics and socioeconomic development in China: Two case studies in Xishuangbanna Prefecture, Yunnan Province. *Mountain Research and Development*, 25(4): 365 - 371.

Gu WB, Yu ZR, Hu XD, 2004. Carabid community and its fluctuation in farmland of salinity transforming area in the North China Plain: a

case study in Quzhou County, Hebei Province. *Biodiversity Science*, 12(2): 262-268. [谷卫斌, 宇振荣, 胡敦孝, 2004. 华北盐渍化改造区农田步甲群落及其动态研究——以河北省曲周县为例. 生物多样性, 12(2): 262-268]

Gu WB, Yu ZR, Liu YH, 2002. Relationship between attributes of filed margin and biodiversity. *Chinese Journal of Ecology*, 21(3): 10-14. [谷卫斌, 宇振荣, 刘因慧, 2002. 农田边界生物多样性与边界属性相互关系研究. 生态学杂志, 21(3): 10-14]

Hoffman AL, Wiens JA, 2004. Scaling of the tenebrionid beetle community and its environment on the Colorado shortgrass steppe. *Ecology*, 85(3): 629-636.

Huang FS, 1987. Forest Insects of Yunnan. Yunnan Science and Technology Press, Kunming. [黄复生, 1987. 云南森林昆虫. 昆明: 云南科技出版社]

Li Q, 2006. Diversity comparisons of Curculionidae between 9 subtypes of vegetation in Xishuangbanna Nature Reserve. *Biodiversity Science*, 14(1): 73-78. [李巧, 2006. 西双版纳自然保护区9种植被亚型象甲科多样性比较. 生物多样性, 14(1): 73-78]

Li Q, Chen YQ, Chen YL, 2009a. Diversity of heteropteran communities in lac plantation-farmland ecosystem. *Journal of Yunnan University*, 31(2): 208-216. [李巧, 陈又清, 陈彦林, 2009a. 紫胶林-农田复合生态系统蝽类昆虫群落多样性. 云南大学学报, 31(2): 208-216]

Li Q, Chen YQ, Chen YL, Chen Z, 2009b. Diversity of grasshopper community in lac plantation-farmland ecosystem. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 20(3): 729-735. [李巧, 陈又清, 陈彦林, 陈祯, 2009b. 紫胶林-农田复合生态系统蝗虫群落多样性. 应用生态学报, 20(3): 729-735]

Li Q, Chen YQ, Chen YL, Yan WW, Wang SM, 2009c. Diversity of beetle assemblages in lac-plantation-farmland ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, 29(7): 3 872-3 881. [李巧, 陈又清, 陈彦林, 严伟伟, 王思铭, 2009c. 紫胶林-农田复合生态系统甲虫群落多样性. 生态学报, 29(7): 3 872-3 881]

Li Q, Chen YQ, Guo X, Chen YL, 2006. Arthropod used as bio-indicator for assessing the success of ecological restoration. *Journal of Central South Forestry University*, 26(3): 117-122. [李巧, 陈又清, 郭萧, 陈彦林, 2006. 节肢动物作为生物指示物对生态恢复的评价. 中南林学院学报, 26(3): 117-122]

Liu YH, Yu ZR, Liang HB, 2002. Field margin's function for biodiversity: a case study on carabids beetles in Dongbeiwang, Beijing. *Chinese Journal of Ecology*, 21 (5): 69-73. [刘云慧, 宇振荣, 梁宏斌, 2002. 农田边界生物多样性保护功能的初步研究——以北京东北旺步甲群落多样性研究为例. 生态学杂志, 21 (5): 69-73]

Livingston GF, White AM, Kratz CJ, 2008. Indirect interactions between ant-tended hemipterans, a dominant ant *Azteca instabilis* (Hymenoptera: Formicidae), and shade trees in a tropical agroecosystem. *Environmental Entomology*, 37(3): 734-740.

Lu HP, Shen L, Zhang X, Fan XX, Chen XY, 2004. Identifying populations for priority conservation II. Models based on haplotype richness and their application on *Ginkgo biloba*. *Acta Ecologica Sinica*, 24(10): 2 312-2 316. [陆慧萍, 沈浪, 张欣, 樊晓霞, 陈小勇, 2004. 优先保护种群的确定 II. 单倍型丰富度模型及在银杏中的应用. 生态学报, 24(10): 2 312-2 316]

Luan XF, Huang WN, Wang XL, Liu MC, Liu SR, Wu B, Li DQ, 2009. Identification of hotspots and gaps for biodiversity conservation in Northeast China based on a systematic conservation planning methodology. *Acta Ecologica Sinica*, 29(1): 144-150. [栾晓峰, 黄维妮, 王秀磊, 刘敏超, 刘世荣, 吴波, 李迪强, 2009. 基于系统保护规划方法东北生物多样性热点地区和保护空缺分析. 生态学报, 29(1): 144-150]

Ma KP, Liu YM, 1994. Measurement of biotic community diversity I: α diversity (Part 2). *Biodiversity Science*, 2(4): 231-239. [马克平, 刘玉明, 1994. 生物群落多样性的测度方法 I: α 多样性的测度方法(下). 生物多样性, 2(4): 231-239]

Matyukhin AV, Gongalskii KB, 2008. Home range size in two darkling beetle species (Coleoptera, Tenebrionidae) from Southern Kazakhstan. *Entomological Review*, 87(9): 1 232-1 237.

Meng P, Zhang JS, Fan W, 2003. Research on Agroforestry in China. China Forestry Press, Beijing. 235 pp. [孟平, 张劲松, 樊巍, 2003. 中国复合农林业研究. 北京: 中国林业出版社. 235页]

Muturi EJ, Shililu J, Jacob B, Gu W, Githure J, Novak R, 2006. Mosquito species diversity and abundance in relation to land use in a riceland agroecosystem in Mwea, Kenya. *Journal of Vector Ecology*, 31(1): 129-137.

Oliver I, Beattie AJ, 1993. A possible method for the rapid assessment of biodiversity. *Conservation Biology*, 7(3): 562-568.

Radtke MG, Fonseca CRV, Williamson GB, 2008. Forest fragment size effects on dung beetle communities? *Biological Conservation*, 141 (3): 613-614.

Saint-Pierre C, Ou BR, 1994. Lac host-trees and the balance of agroecosystems in south Yunnan, China. *Economic Botany*, 48(1): 21-28.

Scott JM, Davis F, Csuti B, Noss R, Butterfield B, Groves C, Anderson H, Caicco S, D'Erchia F, Edwards T, Ulliman J, Wright G, 1993. Gap analysis: a geographic approach to protection of biological diversity. *Journal of Wildlife Management*, 57: 1-41.

Sharma KK, Jaiswal AK, Kumar KK, 2006. Role of lac culture in biodiversity conservation: Issues at stake and conservation strategy. *Current Science*, 91(7): 894-898.

Storer NP, Peck SL, Gould F, Van Duyn JW, Kennedy GG, 2003. Spatial processes in the evolution of resistance in *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) to Bt transgenic corn and cotton in a mixed agroecosystem: a biology-rich stochastic simulation model. *Journal of Economic Entomology*, 96(1): 156-172.

Tear TH, Scott JM, Hayward PH, Griffith B, 1993. Status and prospects for success of the endangered species act: a look at recovery plans. *Science*, 262: 976-977.

Tsai BH, 1973. Classification of Insects (II). Science Press, Beijing. 303 pp. [蔡邦华, 1973. 昆虫分类学(中册). 北京: 科学出版社. 303页]

Xiao HY, Zhao J, Jiang F, Zeng H, 2006. GAP analysis and regional biodiversity conservation. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 42(2): 153-158. [肖海燕, 赵军, 蒋峰, 曾辉,

2006. GAP 分析与区域生物多样性保护. 北京大学学报(自然科学版), 42(2): 153 – 158]

Xu WH, Ouyang ZY, Huang H, Wang XK, Miao H, Zheng H, 2006. Priority analysis on conserving China's terrestrial ecosystems. *Acta Ecologica Sinica*, 26(1): 271 – 280. [徐卫华, 欧阳志云, 黄璜, 王效科, 苗鸿, 郑华, 2006. 中国陆地优先保护生态系统分析. 生态学报, 26(1): 271 – 280]

Yang LH, Zheng FK, 2007. Diversity of ground-dwelling beetles in Xiaozhaizigou Nature Reserve, Sichuan. *Sichuan Journal of Zoology*, 26(4): 733 – 737. [杨丽红, 郑发科, 2007. 四川小寨子沟自然保护区地表甲虫多样性. 四川动物, 26(4): 733 – 737]

Yewhalaw D, Getu E, Seyoum E, 2008. Evaluation on potential of wild hosts as trap plants for managing gramineous stemborers in maize based-agroecosystem. *Journal of Economic Entomology*, 101(1): 50 – 55.

Yu XD, Luo TH, Zhou HZ, Yang J, 2006c. Influence of edge effect on diversity of ground-dwelling beetles across a forest-grassland ecotone in Wolong Natural Reserve, Southwest China. *Acta Entomologica Sinica*, 49(2): 277 – 286. [于晓东, 罗天宏, 周红章, 杨建, 2006c. 边缘效应对卧龙自然保护区森林-草地群落交错带地表甲虫多样性的影响. 昆虫学报, 49(2): 277 – 286]

Yu XD, Luo TH, Yang J, Zhou HZ, 2006a. Diversity of ground-dwelling beetles (Coleoptera) in larch plantation with different stages of reforestation in Wolong Natural Reserve, Southwestern China. *Zoological Research*, 27(1): 1 – 11. [于晓东, 罗天宏, 杨建, 周红章, 2006a. 卧龙自然保护区落叶松林不同恢复阶段地表甲虫的多样性. 动物学研究, 27(1): 1 – 11]

Yu XD, Luo TH, Zhou HZ, 2003. Species diversity of litter-layer beetles in the Fengtongzhai National Nature Reserve, Sichuan Province. *Acta Entomologica Sinica*, 46(5): 609 – 616. [于晓东, 罗天宏, 周红章, 2003. 四川蜂桶寨国家自然保护区地表甲虫物种多样性. 昆虫学报, 46(5): 609 – 616]

Yu XD, Luo TH, Zhou HZ, 2004. Species diversity of litter-layer beetles in four forest types in eastern Hengduan Mountain Region. *Zoological Research*, 25(1): 7 – 14. [于晓东, 罗天宏, 周红章, 2004. 横断山区东部四种林型地表甲虫的物种多样性. 动物学研究, 25(1): 7 – 14]

Yu XD, Luo TH, Zhou HZ, 2006b. Effects of forestry practices and forest fragmentation on beetle diversity and conservation strategies. *Acta Entomologica Sinica*, 49(1): 126 – 136. [于晓东, 罗天宏, 周红章, 2006b. 林业活动和森林片断化对甲虫多样性的影响及保护对策. 昆虫学报, 49(1): 126 – 136]

Zhang Q, Zheng FK, Zhong ZY, 2008. Diversity of litter-layer beetles in Wuyishan Nature Reserve, Jiangxi Province. *Sichuan Journal of Zoology*, 27(1): 3 – 6. [张倩, 郑发科, 钟志宇, 2008. 江西武夷山自然保护区地表甲虫多样性. 四川动物, 27(1): 3 – 6]

(责任编辑:袁德成)